

Особенности формирования магнитного порядка в высокоинтеркалированных соединениях Cr_xNbSe_2

Топорова Наталья Максимовна

Шерокалова Елизавета Маратовна

Уральский федеральный университет

Шерокалова Елизавета Маратовна

toporova.natalia1402@mail.ru

Настоящая работа посвящена исследованию формирования магнитного порядка при интеркаляции хрома в диселенид ниобия. Из литературных данных известно, что соединение NbSe_2 обладает металлическим типом проводимости и имеет переход в сверхпроводящее состояние при температуре $T_c \sim 7.2$ К [1].

Синтез образцов Cr_xNbSe_2 ($0.25 \leq x \leq 0.6$) осуществлялся методом твердофазных реакций по двухступенчатой технологии при температуре 800 °С в течение 120 часов. После рентгенографической аттестации и уточнения кристаллографических параметров были проведены магнитные измерения с помощью СКВИД магнитометра MPMS (Quantum Design) в интервале температур от 2 до 350 К.

Анализ температурных и полевых зависимостей намагниченности показал, что образец с концентрацией $x = 0.25$ проявляет свойства спинового или кластерного стекла, температура замедления $T_f = 65$ К. В соединениях с высоким содержанием хрома наблюдается наличие свехструктуры $\sqrt{3}a_0 \times \sqrt{3}a_0$ по отношению к исходной матрице и формирование дальнего ферромагнитного порядка (рис.1). Для образцов $\text{Cr}_{0.33}\text{NbSe}_2$ и $\text{Cr}_{0.5}\text{NbSe}_2$ температура Кюри T_c имеет значение ~ 100 К и 85 К, соответственно. При низкой температуре $T = 2$ К для этих соединений наблюдаются полевые зависимости намагниченности, характерные для магнитомягкого ферромагнетика. Интересно отметить, что температура магнитного упорядочения меняется не монотонно (рис.2). Для всех составов величина эффективного магнитного момента в расчете на ион хрома с учётом магнитного момента на ионе Nb и погрешности, оказалась близка к расчетному значению $\mu_{\text{eff}} = 3.87 \mu_B$ для иона Cr^{3+} со спином $S = 3/2$ и $g = 2$.

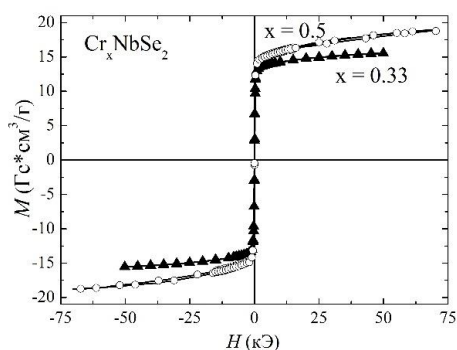


рис.1. Полевая зависимость намагниченности для соединений Cr_xNbSe_2 ($x = 0.33, 0.5$).

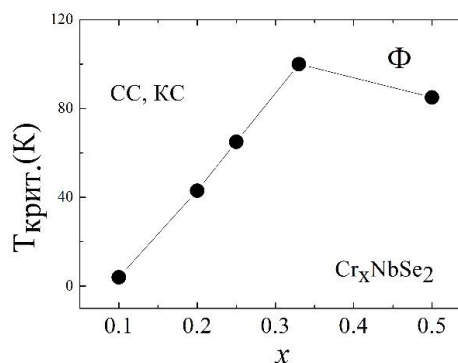


рис.2. Концентрационная зависимость температур магнитных превращений в системе Cr_xNbSe_2 .

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-32-00278 мол_а.

Список публикаций:

[1] Hu W. Z., Wang G. T. // *PHYS. REV.*, 2008. В 78. С.085120.

Магнито гистерезисные свойства соединений со структурой ThMn_{12}

Уржумцев Андрей Николаевич

Волков Константин Дмитриевич, Аникин Максим Сергеевич, Незнахин Дмитрий Сергеевич,

Зинин Александр Владимирович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Тарасов Евгений Николаевич, к.ф.-м.н.

Andrej707@bk.ru

Постоянные магниты на основе сплавов SmFe_{12} с тетрагональной кристаллической решеткой типа ThMn_{12} (1:12), потенциально смогут конкурировать с широко используемыми магнитами $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, так как свойства магнитов SmFe_{12} теоретически выше, чем у $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, расчетные свойства которого реализованы уже

на 95 % [1]. Но для стабилизации структур SmFe_{12} (1:12) необходимо замещение части атомов железа переходным металлом, который существенно снижает магнитные свойства [2]. В 2015 - 2016 годах вышел ряд научных статей, где сообщалось на примере фаз $\text{Sm}(\text{FeM})_{12}$ ($\text{M} = \text{Ti, V, Cr, Si, C, N}$ и др.), что можно значительно повысить магнитные свойства данного материала, за счет снижения содержания легирующего элемента M [3].

В данной работе проведен синтез сплавов с кристаллической структурой ThMn_{12} на основе соединений $\text{Sm}(\text{Fe,Ti})_{12}$, исследованы их магнито гистерезисные свойства и определены температуры Кюри. Синтез сплавов осуществлялся методом дугового плавления в защитной атмосфере гелия. Учтём то, что температура кипения самария на ~ 700 °C ниже температуры электрической дуги, экспериментальным путем установлено, что необходимо добавлять избыток Sm (20 вес. %), для предотвращения появления богатых Fe фаз. Гомогенизирующий отжиг осуществлялся в вакуумной печи (СНВЭ, Россия) в атмосфере аргона в течение 5 часов при 850 °C. Магнитные измерения проводились на вибромагнетометре при комнатной температуре на текстурированных в магнитном поле порошковых образцах фракцией 45 мкм.

Состав полученных сплавов и их значение удельной намагниченности насыщения (σ_s) в магнитном поле ($H = 12$ кЭ) до и после отжига представлены в таблице:

№	Состав	σ_s ($H=12$ кЭ), Гс*см ³ /Г	σ_s ($H=12$ кЭ), Гс*см ³ /Г (Отжиг 850 °C 5 ч в аргоне)
1	$\text{SmFe}_{11}\text{Ti}$	97,6	98,5
2	$\text{SmFe}_{11,5}\text{Ti}_{0,5}$	126,2	121,9
3	$\text{Sm}(\text{Fe}_{0,8}\text{Co}_{0,2})_{11,5}\text{Ti}_{0,5}$	110,6	133,9
4	$(\text{Sm}_{0,8}\text{Zr}_{0,2})(\text{Fe}_{0,8}\text{Co}_{0,2})_{11,5}\text{Ti}_{0,5}$	124,3	124,8
5	$(\text{Sm}_{0,8}\text{Hf}_{0,2})(\text{Fe}_{0,8}\text{Co}_{0,2})_{11,5}\text{Ti}_{0,5}$	130,6	138,6

Оценка удельной намагниченности насыщения σ_s сплавов до и после отжига выявила следующий прирост σ_s после отжига: для сплавов № 1, 2, 4 изменение удельной намагниченности 3%, для сплава № 3 прирост σ_s на 21 %, а в сплаве № 5 на 6 %.

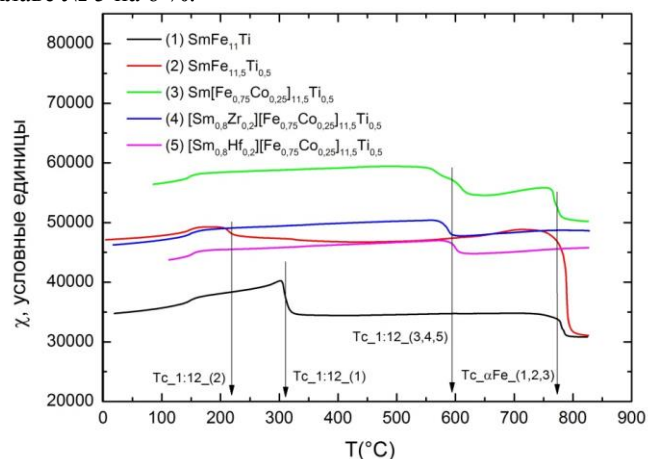


рис.1. Зависимость магнитной восприимчивости (χ) от температуры (T)

На рисунке 1 представлен терромагнитный фазовый анализ образцов синтезированных сплавов. Скачки магнитной восприимчивости на зависимости $\chi(T)$ соответствуют магнитному фазовому переходу, на основании этого определено количество фаз и их температуры Кюри (T_c). Сплавы № 1, 2, 3 имеют спад восприимчивости в области 770 °C, что соответствует точке Кюри железа, и означает наличие в них фазы α -Fe. В сплавах № 4 и 5 отсутствует вклад от α -Fe, отмечается лишь вклад от свободного кобальта ($T_c = 1120$ °C), что свидетельствует о том, что легирование редкоземельной подрешетки Zr или Hf предотвращает выпадение из расплава α -Fe и частично Co. Предполагается, что при данной температуре гомогенизации кобальт в результате перетектической реакции выходит из железной подрешетки, что объясняет такой прирост намагниченности сплава № 3. Так же, из зависимости $\chi(T)$ можно сказать, что замещение 25 % железа на кобальт приводит к росту T_c фазы 1:12 с 300 до 600 °C.

Рентгеноструктурный анализ гомогенизированного сплава № 1 показал, что помимо фазы 1:12 в нем присутствует пик в районе $2\theta = 44,5^\circ$, что соответствует α -Fe, доля которого составляет более 10 %.

Оценка поля анизотропии (H_a) проводилась путем экстраполяции кривых намагничивания снятых воль осей легкого и трудного намагничивания. Для состава № 1 $H_a = 58$ кЭ, для составов № 2-5 $H_a \sim 20$ кЭ, столь значительные различия можно объяснить существенным влиянием на данный метод оценки H_a вклада в намагниченность от магнитомягких фаз (Fe,Co).

По результатам работы установлено, что лучшие свойства получены на составах № 4, 5, легирование редкоземельной подрешетки Zr или Hf предотвращает выпадение из расплава α -Fe и частично Co, а замещение

25 % железа на кобальт приводит к росту T_c фазы 1:12 в 2 раза. Дальнейшие исследования по данной теме будут направлены на поиск легирующих элементов, которые будут препятствовать выходу кобальта из железной подрешетки, а так же поиск оптимальных условий термообработки для достижения максимальной гомогенности сплава.

Список публикаций:

[1] T. Chen and W. Stutius, "The Phase Transformation and Physical Properties of the MnBi and Mn_{1.08}Bi Compounds", IEEE Mag. Trans. MAG-10, 581, (1974).

[2] J. Cui, J. Choi, E. Polikarpov, M. E. Bowden, W. Xie, G. Li, Z. Nie, N. Zarkevich, M. J. Kramer, and D. Johnson, "Effect of composition and heat treatment on MnBi magnetic materials", Acta. Mater., 79, 374-381 (2014).

Геометрические параметры спиральных динамических доменов в эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов в переменном магнитном поле с линейным градиентом

Чиркова Софья Александровна

Мехоношин Дмитрий Сергеевич

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Памятных Лидия Алексеевна, к.ф.-м.н.

sofijca@yandex.ru

Одно из проявлений самоорганизации в магнитных средах – формирование динамических спиральных доменных структур в эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов с перпендикулярной анизотропией в переменном магнитном поле [1,2]. При наложении на переменное поле дополнительно постоянного градиентного поля спиральные динамические домены выстраиваются в цепочку вдоль нулевой линии градиента [3]. В [3] показано влияние статического градиентного поля на основные параметры спиральных динамических доменов (размеры и время жизни) при фиксированной амплитуде и частоте поля. В данной работе исследованы закономерности изменения характеристик спиральных доменов в цепочках при варьировании всех трёх параметров магнитного поля: амплитуды, частоты и величины градиента.

Измерения проведены на пленке феррита-граната (111) (YLuBi)₃(FeGa)₅O₁₂ толщиной $L = 8$ мкм, с намагниченностью насыщения $M_s = 12$ Гс и фактором качества $Q = K_u/2\pi M_s^2 = 73$, где K_u – константа одноосной анизотропии. Образец помещался в вертикальное переменное магнитное поле $H(t) = H_0 \sin(2\pi ft)$, на которое было наложено постоянное градиентное поле, направленное перпендикулярно плоскости образца, вектор градиента лежал в плоскости образца. Визуализация динамической доменной структуры образца осуществлялась при помощи эффекта Фарадея с применением стробоскопической методики. Изображения динамических доменных структур (рис.1) регистрировались камерой Nikon1 (скорость съемки 60 кадров/сек).

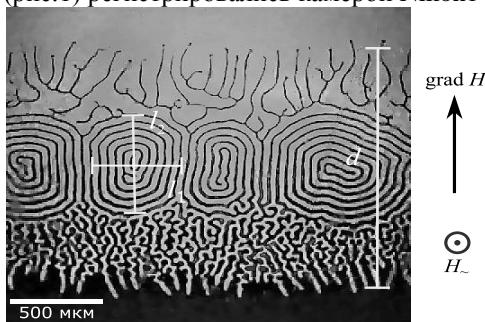


рис.1. Цепочки спиральных динамических доменов в переменном градиентном магнитном поле

В данной работе амплитуда переменного поля варьировалась в диапазоне до 50 Э, градиент поля изменялся до 1600 Э/см, измерения проведены при частотах 1000, 5000 Гц. Измерены поперечный l_1 и продольный l_2 линейные размеры спиральных доменов. Зависимость продольного линейного размера спиральных динамических доменов от амплитуды переменного поля H_0 и градиента поля $\text{grad } H$ при частоте $f = 5000$ Гц представлена на рис.2а. Линейные размеры спиральных доменов имеют локальный максимум при градиенте от 200 до 400 Э/см и амплитуде поля от 17 до 23 Э, что отличается от результатов [3], где было установлено, что линейные размеры монотонно уменьшаются с увеличением градиента магнитного поля от нуля. Максимальный линейный размер спиральных доменов в ~2 раза превышает их размер в отсутствии градиентного поля. Линейные размеры уменьшаются при приближении к верхней по амплитуде границе области существования спиральных доменов. Зависимость поперечного линейного размера l_1 от амплитуды переменного поля и градиента обладает схожим характером: имеет локальный максимум и убывает при приближении к границе области существования спиральных доменов. При частоте $f = 1000$ Гц продольный и поперечный линейные размеры спиральных доменов имеют локальный максимум при градиенте от 200 до 500 Э/см.